Nachdruck verboten.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Der Flug der Fische.

Von

Dr. **Fr. Ahlborn** in Hamburg [1]).

Die fliegenden Fische gehören zu den beiden Gattungen *Exocoetus* und *Dactylopterus* und sind Bewohner der tropischen und subtropischen oder gemässigt warmer Meere. Ohne Rücksicht auf Wind und Wellen schiessen die Thiere mit grosser Geschwindigkeit und meist unter kleinen Neigungswinkeln aus dem Wasser hervor. Ihre grossen, flügelartigen Brustflossen entfalten sich, sobald sie aus dem Wasser auftauchen, wobei man in geringer Entfernung gelegentlich ein deutliches, raschelndes Flattern wahrnimmt. Oft wird der Schwanz noch eine Strecke im Wasser nachgezogen. Die Flugbahn erhebt sich bei Tage nur auf etwa 1 m Höhe über dem Wasser; im Dunkeln hat man dagegen Erhebungen von 5 bis 6 m feststellen können, da die Thiere oft genug auf das Verdeck, ja selbst in die Cajütenfenster hochbordiger Schiffe fliegen. Die Gestalt der Flugbahn ist parabelähnlich, mit einem kürzern ansteigenden und einem längern absteigenden Ast.

Gegen das Ende der Flugbahn sinkt der Schwanz mehr und mehr herab, so dass die Längsaxe des Körpers mit der Flugrichtung einen wachsenden Winkel bildet. Seitliche Winde lenken die Flugbahn aus der anfänglichen Verticalebene nach und nach ab und bringen den Fisch schliesslich vor den Wind. Die Beobachter berichten, dass die fliegenden Fische in der Luft ihren Curs ändern, mehrfache Curven beschreiben oder ihren Curs den Windungen des Wellenthales und

1) Auszug aus einer Festschrift zum 70. Geburtstag des Herrn Geheimen Regierungsrath Prof. Dr. K. Möbius in Berlin, erschienen im Programm des Realgymnasiums des Johanneums in Hamburg, 1895.

den Hebungen und Senkungen der Wasseroberfläche anschmiegen. Oft streifen sie wieder plätschernd über den Rücken einer Welle oder stossen durch einen Wellenkamm, um jenseits den Flug fortzusetzen.

Die Weite des Fluges schwankt zwischen den kleinsten Sprüngen und Entfernungen von 150 bis 200 m. Nach SEITZ [1]) können grosse Flugfische sogar bis an 450 m weit fliegen. Abhängig ist die Flugweite in erster Linie von der Grösse der Thiere, vom Neigungswinkel, unter dem sie aus dem Wasser schiessen, und von den Windverhältnissen. Die Zeitdauer des Fluges beträgt nach SEITZ höchstens 18 Secunden.

Alle Autoren stimmen darin überein, dass die fliegenden Fische pfeilschnell aus dem Wasser hervorkommen und dass sie diese grosse Geschwindigkeit schon im Wasser durch kräftige Wrickbewegungen ihres Schwanzes erreichen, während die übrigen Flossen, besonders die Brustflossen, eingezogen sind und der Körperoberfläche glatt anliegen. Sobald der Oberkörper aus dem Wasser auftaucht, werden die Brust- und Bauchflossen ausgebreitet, und der Flug beginnt.

Viel umstritten ist die Frage, ob die Flugbewegung activ oder passiv ist, ob die Brustflossen während der ganzen Dauer des Fluges ausgespannt in der Ruhe verharren oder ob die Flugfische echte Flügelschläge ausführen. Nach den zahlreichen Angaben der Autoren über diesen Punkt herrscht bis auf vereinzelte Ausnahmen darüber völlige Uebereinstimmung, dass thatsächlich an den ausgebreiteten Brustflossen zeitweilig sehr schnelle Vibrationen oder Flatterbewegungen zu beobachten sind. Die grössere Mehrzahl der Beobachter hält diese Bewegungen für activen, durch Muskelthätigkeit erzeugten Flügelschlag, während in erster Linie Prof. MÖBIUS [2]) die passive Natur der Vibrationen hervorhob, welche nach ihm durch den entgegenkommenden relativen Wind veranlasst werden. DAHL [3]) endlich erblickt in ihnen den sichtbaren Ausdruck von Erschütterungen, welche durch Wrickbewegungen des eingetauchten Schwanzes hervorgerufen werden.

Um die Frage zu entscheiden, sind zunächst die von den einzelnen Autoren für und wider angebrachten Argumente einer nähern Kritik zu unterziehen.

1) Das Fliegen der Fische, in: Zool. Jahrb., V. 5, Syst.

2) Die Bewegung der fliegenden Fische d. d. Luft, in: Zeitschr. wiss. Zool., V. 30, Suppl., 1878.

3) Die Bewegung der fliegenden Fische d. d. Luft, in: Zool. Jahrb., V. 5, Syst.

A. von Humboldt galvanisirte die Nerven der Bauch- und Brustflossen eines *Exocoetus* und fand, dass die Brustflossen mit einer fünfmal grössern Kraft bewegt wurden als die Bauchflossen. Es liegt auf der Hand, dss dadurch die active Natur der Flügelbewegungen nicht bewiesen wird, da wahrscheinlich bei andern, nicht fliegenden Fischen ganz analoge Verhältnisse vorliegen und die grössere Kraft ebenso gut zum flossen Festhalten der Flügel verwendet werden kann.

Der Capitän de Fréminville ist davon überzeugt, dass die Thiere activ und bien réllement fliegen, da sie mehr als 50 Toisen in horizontaler Richtung zurücklegen. Dies sei nicht möglich, wenn die Flügel blosse Faschirme wären. Dem gegenüber führt Verf. aus, wie die schräg stehnden Flossen den Fisch heben und tragen. Mit abnehmender Flugschwindigkeit sinke, wie vielfach beobachtet, der Schwanz der Fische mehr und mehr herab, dadurch werde der Neigungswinkel der Brustflossen automatisch vergrössert und mit dem Winkel auch die hebende Kraft des Gegenwindes. So sei es wohl zu verstehen, dass die Fische 100 und mehr Meter annähernd horizontal zurücklegen, ohne dazu der Mitwirkung activer Flügelschläge zu bedürfen.

Wenn man einen lebenden Flugfisch in der Hand am Schwanze hält, so führt einweilen eine ausserordentlich schnelle, zitternde Bewegung mit den Flügeln aus, ähnlich einem Nachtfalter, der eben fortfliegen will. Derartiges ist sowohl von Fréminville wie später durch von Marns beobachtet worden, und man muss Seitz Recht geben, wenn er sagt, es sei nicht abzusehen, warum der Fisch eine solche Bewegung nicht gelegentlich auch während des Fluges ausführen sollte. Allein das Zittern der Flügel eines sitzenden Falters ist weit verschieden von den wirklichen Flügelschlägen, die das fliegende Thier durch die Luft tragen, und noch keiner von den zahlreichen Beobachtern der Flugfische hat je beobachtet, dass die Thiere wirkliche, energische Flügelschläge machen, etwa wie eine Libelle oder ein Vogel, den man an den Beinen festhält.

Auch die von fast allen Beobachtern übereinstimmend gemeldete Erscheinung, dass sich die Fluglinie der Fische dem Profil der bewegten Meeresfläche anschmiegt, bedarf zu ihrer Erklärung nicht der Annahme der Flatterbewegungen. Mit den Hebungen und Senkungen der Wasserfläche wird auch die darüber stehende und bewegte Luft gehoben und gesenkt, sie muss daher auch den Fisch über dem steigenden Wellenrücken heben und über dem sinkenden Abhang sinken lassen. Uebrigens würde ein stärkeres Spreizen und Vorziehen der

Brustflossen genügen, um den Vorderkörper des Fisches, wenigstens innerhalb enger Grenzen, zu heben und dadurch auch ohne Flügelschlag eine active Steuerung in verticaler Richtung zu bewirken. Es mag hinzugefügt werden, dass auch die Möven und andere schwebende und segelnde Vögel ihre Bahnen den Hebungen und Senkungen der Wellen anschmiegen, ohne dazu eines Flügelschlags zu bedürfen.

Wenn hiernach für das Zustandekommen und die Unterhaltung des Fluges der Fische keine echten Flatterbewegngen erforderlich sind, so bleibt nun die Frage zu prüfen, ob die thatsächlich vorkommenden Vibrationen willkürliche Bewegungen sind, die der Fisch zur Unterstützung der Flugbewegung durch active Muskelthätigkeit ausführt.

Diese Frage kann nur durch eine eingehend Würdigung der physiologischen Verhältnisse der Brustmuskeln und -Knochen entschieden werden.

Möbius hat darauf hingewiesen, dass die Zuckungsdauer der Fischmuskeln, d. h. die Zeit, innerhalb welcher auf elektrischen Reiz eine Verkürzung und Wiederausdehnung der Muskeln vollzogen wird, etwa 0,05 Secunden beträgt, während man bei Vögeln 0,04 Secunden ermittelt hat. Wenn nun die Flugfische wirklich schnellere Flügelschläge ausführen könnten als die Vögel, so soll man auch eine kürzere Zuckungsdauer erwarten als bei den Vögeln. Man muss indessen zugeben, dass in dieser Eigenschaft der Brustmuskeln kein Hinderniss rapider Flossenschläge liegt, da der Fisch immerhin in der Secunde 20 solcher Bewegungen ausführen könnte, was sich mit der von Seitz beobachteten Frequenz von 10 bis 30 Flossenschlägen in der Secunde allenfalls vertrüge.

Möbius hat ferner auf das bei den Flugfischen sehr ungünstige Verhältniss des Gewichts der Brustmuskeln zum Gewicht des ganzen Körpers hingewiesen. Dies Verhältniss ist bei den Vögeln 1 : 6,22, bei den Fledermäusen 1 : 13,6, bei den Flugfischen dagegen 1 : 32,4. Hierin zeigt sich offenbar die grosse Unvollkommenheit des Flugvermögens der Fische. Kein Flugthier, nicht der vollkommenste Flieger unter den Vögeln, kann sich durch Flügelschläge erhalten und durch die Luft tragen, wenn er wie der Flugfisch belastet wäre, denn er müsste dann das Fünffache seines eigenen Körpergewichts, also eine vierfache Ueberlastung tragen können. Nach Marey kann eine Taube 60 g, ein Bussard 100 g Belastung tragen, ohne aus der horizontalen Flugrichtung abgelenkt zu werden. Wenn nun die Taube 300 g, der Bussard 1000 g wiegt, so können beide nur ein Fünftel resp. ein Zehntel

ihres Gewichts an Ueberlastung tragen, und dies ist erst der 20. resp. 40. Theil von der relativen Ueberlastung des Flugfisches.

Allein wenn man auch die Taube und den Bussard noch weit stärker belastet, so verlieren beide doch nicht die Fähigkeit zu activen Flügelschlägen. Wenn man in Erwägung zieht, dass beim Flug der Fische der eigentliche translatorische Antrieb bereits vorher im Wasser durch die energische Thätigkeit der Rumpfmuskulatur und des Schwanzes ohne Mitwirkung der Brustmuskeln und -Flossen hervorgebracht wird und dass diese daher während des Fluges auch gar nicht eine so grosse Arbeit zu verrichten haben wie die Flugmuskeln des Vogels, dem man zumuthet, sein fünffaches Körpergewicht flügelschlagend zu erheben und fortzutragen, so könnte man wohl der Möglichkeit Raum geben, dass die von Seitz im Beginn des Fluges gesehenen lebhaften Vibrationen activer Natur seien.

Auch die von Möbius herangezogenen Verhältnisse der Grösse und Länge der Brustflossen im Vergleich zum Körpergewicht beweisen im Grunde nur die Inferiorität des Flugvermögens der Fische gegenüber den andern Flugthieren, lassen aber die Möglichkeit activer Flügelschläge nach wie vor bestehen, und die geringe relative Flügellänge würde geradezu für einen schnellen Flügelschlag sprechen, denn je kürzer der Flügel, desto leichter lässt er sich in schnelle Bewegungen versetzen.

Die Unzulänglichkeit der von Möbius benutzten und auch sonst in der Flugliteratur vielfach verwendeten Verhältnisszahlen hat nun darin ihren Grund, dass sie alle auf das Körpergewicht bezogen sind.

Wenn man die Leistungsfähigkeit locomotorischer Maschinen prüfen will, so wird man sie gleichmässig belasten und nun beobachten, welche von ihnen die grösste Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder oder die grösste Fahrgeschwindigkeit erreicht.

Diese einfache und naheliegende Regel ist seither in allen den mühsamen und scharfsinnigen Vergleichen, denen die natürlichen Flugmaschinen in den Arbeiten von de Lucy, Harting, Mouillard, Marey, von Lendenfeld, Legal u. Reichel und Müllenhoff unterworfen wurden, nicht zur Anwendung gelangt. Indem man die empirisch ermittelten Maasse der Flugmechanismen in Beziehung setzte zu dem so ungleichen Körpergewicht, erhielt man Verhältnisszahlen, die den Flugapparat der Thiere unter dem Influss der zwar natürlichen, aber ganz ungleichen Belastung erscheinen liessen.

So gewann man zwar einen Einblick in die Leistungsfähigkeit der unter verschiedenen Flugbedingungen arbeitenden Flug-

apparate, blieb aber über die Leistungsfähigkeit bei gleichen Flugbedingungen im Unklaren.

Die absolute Leistungsfähigkeit jedes natürlichen Flugmechanismus hängt in erster Linie ab von den vorhandenen Muskelkräften und von den innern und äussern Widerständen, welche beim Flug in der Luft am Flügel zur Geltung kommen.

Da nun erfahrungsgemäss die Muskelkraft eine mathematische Function des Muskelgewichts p und der Widerstand eine Function der Flügelfläche f ist, so liegt die fundamentale Bedeutung des Verhältnisses dieser beiden Grössen auf der Hand. Dieses Verhältniss ist ein Maass für die auf die Flächeneinheit des Flügels durchschnittlich entfallende Muskelkraft und kann daher als specifische Flügelbespannung bezeichnet werden; es kann aber auch als ein Ausdruck für die Frequenz des Flügelschlags angesehen werden, zu welchem der betreffende Flugapparat fähig ist. Denn je grösser die Muskelkraft und je kleiner der Flügel, desto grösser ist auch die Zahl der in gleichen Zeiten ausführbaren Flügelschläge.

Es kommt also darauf an, das Verhältniss $p : f$, oder richtiger — da man nur gleichdimensionale Grösen vergleichen kann — $\sqrt[3]{p} : \sqrt{f}$ zu ermitteln und zuzusehen, ob die fliegenden Fische sich wirklich mit diesem Verhältniss den schnellflatternden Thieren zuordnen. Als Unterlage dienten die von K. MÜLLENHOFF (in: PFLÜGER's Archiv, V. 35, p. 407 ff.) zusammengestellten und theilweise umgerechneten Messungen von HARTING und EGAL u. REICHEL.

Die Ergebnisse dieser Ermittelung sind in einer Tabelle aller Flugthiere zusammengestellt, von denen geeignete Messungen vorliegen. In dieser Tabelle sind die Thiere nach dem Verhältniss ihrer „specifischen Flügelbespannung" geordnet. Obenan steht die Honigbiene mit der Zahl 0,325, dann folgt das Rebhuhn mit 0,25 und die übrigen Vögel mit immer mehr abnehmenden Zahlen, und am Ende stehen die echten Segler, die langsam flügelschlagenden Raubvögel und Möven mit der Zahl 0,11. Diesen schliessen sich zuletzt die Flugfische an, bei denen die specifische Flügelbespannung schliesslich auf 0,104 herabsinkt.

Könnten die fliegenden Fische wirklich die rapiden Flügelschläge ausführen, welche man ihnen zugeschrieben hat, so müssten sie in der Reihe obenan stehen oder mindestens gleich auf die Honigbiene folgen, so aber ordnen sie sich vollkommen in die Reihe derjenigen Flugthiere ein, welche sich bei hinreichendem Gegenwind wohl segelnd

und ohne Flügelschlag fortbeegen, die aber zu rapiden Flügelschlägen gänzlich unfähig sind.

Nicht minder überzeuge tritt die Unfähigkeit der Flugfische zu schnellen Flügelschlägen hervr, wenn man die Flugthiere nach dem Verhältniss ihres Flugmuskelgewichts zur theoretischen Flügellänge ordnet, d. h. zum Abstand des Angriffspunktes der Resultante des Luftwiderstands vom Schultergelenk, oder wenn man endlich nur diejenigen Flugmuskeln berücksichtigt, welche die Abwärtsbewegungen des rudernden Flügels bewirken. Man erhält dann bei den Vögeln vom Rebhuhn bis zu den großen Möven hinab Zahlen, die von 41 auf 15 sinken; die Flugfische aber beginnen erst mit der Zahl 11 und bilden mit 8 das äusserste Ende der ganzen Reihe.

Es ist eine seit dem vorigen Jahrhundert bekannte Thatsache, die seitdem durch Wenham, Mare und besonders auch durch Langley in mannichfacher Weise bestätigt worden ist, dass die Häufigkeit und Schlagweite des Flügelschlags eine auffallende und zunehmende Verringerung erfährt, wenn die Fluggeschwindigkeit wächst. Der Grund dafür liegt bekanntlich darin, dass der Luftwiderstand mit der Fluggeschwindigkeit zunimmt und das daher der grössere Widerstand einen ausgiebigern Flügelschlag unmöglich und auch unmöglich macht. Aus diesem Grund ist der Flügelschlag der Vögel im Anfang des Flugs stets lebhafter als nach erlangter Fluggeschwindigkeit. Marey zeigte experimentell, dass eine Taube bereits bei einem Gegenwind von 16 bis 18 m ihre Flügel nicht mehr auf und ab bewegen konnte.

Nach den Beobachtungen von Sez kommen nun die vermeintlichen Flügelschläge der Flugfische zwar auch der Regel nach nur im Anfang des Flugs vor, wie bei den segelnden Vögeln, allein man sieht leicht, dass bei den Fischen die Verhältnisse gerade entgegengesetzt liegen als bei den Vögeln, denn diese müssen sich erst allmählich durch Flügelschlag eine gewisse Fluggeschwindigkeit erwerben und später unterhalten, während die Fische ihren Flug gleich mit der maximalen Geschwindigkeit beginnen, die sie im Wasser durch ihren Wrickapparat gewonnen haben.

Diese Geschwindigkeit kann, gegen den herrschenden Wind gerichtet, leicht einem relativen Gegenwind oder Flugwind von 20 bis 30 m entsprechen. Wenn nun schon die Taube bei 18 m Flugwind ihre Flügel nicht mehr gegen den starken Widerstand in langsam rudernde Bewegungen versetzen kann, — um wie viel weniger kann dann ein Flugfisch schwirrende Flügelschläge ausführen, der einem noch stärkeren Flugwind ausgesetzt ist und dessen specifische

Flügelbespannung nicht viel mehr als halb so gross ist wie die der Taube?

Es wäre auch nicht einzusehen, warum der Fisch seinen Flug nur im Anfang des Flugs durch Flügelschläge unterstützen sollte, wenn er die grosse Geschwindigkeit und damit gerade die günstigsten Verhältnisse für den Schwebflug hat, während er weiterhin, wenn die Verhältnisse für den Ruderflug ungünstiger geworden sind, von seinen muthmaasslichen Fähigkeiten einen Gebrauch macht, sondern ohne Flügelschlag fortschwebt und schliesslich wie eine hülflose Masse ins Meer zurückfällt.

Auf eine weitere sehr eigenartige, vergleichend-anatomische Bestätigung der passiven Natur des Fischflugs führt eine Bemerkung MAREY's (Vol d. ois., p. 99). „Wenn man," so führt er aus, „Vögel verschiedener Typen hinsichtlich der mittlern Richtung der Fasern des grossen Brustmuskels vergleicht, so findet man sehr grosse Unterschiede. Allem Anschein nach steht die Zugrichtung des grossen Brustmuskels in Beziehung zu der einer jeden Art eigenen Flugweise. Im Allgemeinen haben die Rudervögel schrägere Fasern des grossen Brustmuskels, während bei den Seglern diese Fasern sich mehr der Verticalrichtung nähern."

Durch die Richtung der Muskelfasern ist zweifellos auch die Richtung ihres Zuges bestimmt. An der Richtung des Muskelzuges kann man aber auch die Richtung und Wirkung der Widerstände erkennen, denen der Muskelzug am Flügel entgegen zu wirken hat. Ein vertical nach unten gerichteter Muskelzug wird an dem einarmigen Hebel des Flügels dem Luftwiderstand entgegenwirken, der nach oben gerichtet ist. Wenn bei den Rudervögeln der grosse Brustmuskel eine mehr horizontale und bei den Seglern eine mehr verticale Lage hat, so ist daraus mit Sicherheit der Schluss zu ziehen, dass dieser Muskel bei den Rudervögeln mehr als bei den Seglern geeignet ist, den Vogel in der Flugrichtung vorwärts zu bewegen, während er bei den Seglern mehr der Schwere entgegen, also stützend und tragend wirkt.

Unter diesen Umständen gewinnt auch die Frage nach der Richtung der Fasern der Brustmuskeln bei den Flugfischen eine entscheidende Bedeutung für die Beurtheilung ihrer Flugart. Verlaufen die Fasern von ihrem Befestigungspunkt an den Flossen schräg nach unten und hinten, so wird ihr Zug vortreibend wirken, und der Fisch wird wie die echten Ruderer flatternd active Flügelschläge ausführen. Nähern sich dagegen, wie zu erwarten, die Fasern mehr der zur Flug-

bahn senkrechten Richtung, so wird auch die Flugweise mehr derjenigen der Segler gleichen.

Die Erwartung wird durch den anatomischen Befund noch übertroffen. Die Brustmuskeln der Flugfische gehen noch über die Richtung der Muskeln echter Segler hinaus: ausnahmslos verlaufen die Fasern von ihren Anheftungspunkten an den Flossen schräg nach unten und vorn und stehen somit zu der Richtung typischer Rudermuskeln völlig transversal. Die Flugmuskeln der Fische bilden somit einen ganz neuen Typus. Ihr Zug ist nach unten und vorn gerichtet, und ihre locomotorische Wirkung am Flügel kann daher auch nur eine hemmende und hebende, aber keine vortreibende sein, wie bei den andern Flugthieren. Die Fische können also nicht einmal den schwach vortreibenden Ruderschlag der echten Segler ausführen, und ihre Muskeln gleichen dem Faden eines Papierdrachen, dessen Spannung die schräge Fläche gleichmässig und ruhig im Wind festhält.

Dieses Resultat widerspricht scheinbar der Thatsache, dass alle Fische mit ihren Brustflossen mehr oder weniger gut vorwärts schwimmen können. Da nun die Flugmuskeln der Exocoeten ihrer ganzen Anlage nach nicht wesentlich verschieden sind von den Brustmuskeln eines nicht fliegenden Fisches, so sollte man meinen, dass sie auch in der Luft durch Ruderschlag müssten nach vorn fortschreiten können.

Der Widerspruch klärt sich auf, sobald man einen Fisch im Aquarium beobachtet. Man sieht dann, dass der vorwärtstreibende Ruderschlag der Brustflossen nicht wie der eines echten Flügels nach unten gerichtet ist, sondern nach oben und hinten, wie der Rückschlag des Vogelflügels. Es sind also auch gar nicht die an der Aussenseite des Schultergürtels liegenden Muskeln des Pectoralis major, die hier beim Schwimmen die Vorwärtsbewegung erzeugen, sondern deren an der Innenseite gelegenen Antagonisten. Würden diese aber ihr Spiel auch in der Luft fortsetzen, so würden sie die Flugbewegung nicht unterstützen, sondern ihr ein schnelles Ende bereiten, da ihre Wirkung nicht, wie die der echten Flugmuskeln, der Schwere entgegentritt, sondern in ihre Richtung fällt und so das Herabsinken des Fisches beschleunigen müsste.

So zeigen die gesammten physiologischen und flugmechanischen Verhältnisse, dass die fliegenden Fische durchaus unfähig sind, die schnell vibrirenden, activen Ruderbewegungen oder Flügelschläge auszuführen, welche man ihnen zuschreiben zu müssen glaubte.

Die so vielfach in den ansteigenden Theilen der Flugbahn beobachteten Vibrationen der Flossen sind passiver Art und kommen, wie bereits Möbius erkannte, durch die Einwirkung des Flugwindes gegen die elastisch biegsamen Flossen zu Stande.

Verf. hat mit Benutzung des grossen Combes'schen Rotationsapparats der deutschen Seewarte eine Reihe von Versuchen mit verschieden schwanken Vogelfedern angestellt und so gefunden, dass an derartigen elastischen Gebilden sehr energische passive Flatterbewegungen auftreten, sobald die Neigungswinkel der Flächen gegen den Wind und die Windstärke gross genug sind. Bei dem Flug der Fische sind die Neigungswinkel wie die Windstärke zu Beginn des Fluges am grössten, daher treten auch dann gerade die Flatterbewegungen mit grösster Deutlichkeit auf. Sobald aber der Fisch mit abnehmender Geschwindigkeit den Culminationspunkt der Bahn überschritten hat, und nun mit minimaler Neigung der Flugflächen fast horizontal dahinschwebt, hören auch die Vibrationen auf sichtbar zu sein, es sei denn, dass Windstösse oder Luftwirbel ihren unregelmässigen Einfluss auf die Brustflossen geltend machten.

Nicht zu verwechseln mit den Vibrationen der Brustflossen sind langsame Bewegungen derselben, welche an fliegenden Fischen vielfach beobachtet sind. Zur Ausführung solcher Bewegungen sind die vorhandenen mechanischen Einrichtungen des Flugapparats sehr wohl befähigt. Der Fisch kann jederzeit willkürlich die Brustflossen mehr oder weniger vorziehen und entfalten oder einziehen und zusammenlegen, er kann sie mehr emporheben oder mehr herabdrücken, und nichts steht der Annahme entgegen, dass er diese Bewegungen auch einseitig ausführen kann. Aber alle diese Bewegungen wirken nur bestimmend und regelnd auf den Verlauf der Flugbahn ein, ohne dass durch sie direct ein neuer locomotorischer Antrieb hervorgebracht werden könnte; sie sind steuernde, aber keine propulsive Bewegungen.

In den folgenden Abschnitten der Arbeit, auf die hier nur kurz hingewiesen werden kann, wird sodann die Anatomie des Flugapparats behandelt, darauf das gegenseitige Verhältniss des Flug- und Schwimmapparats klar gelegt und endlich die Theorie des Fischflugs entwickelt. Die Berechnungen ergeben, dass die grossen Flugfische mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 20 m aus dem Wasser hervorkommen und dass die maximale Flugweite daher nicht viel über 150 bis 200 m hinausgeht.